Aus dem Oskar-Ziethen-Krankenhaus Berlin-Lichtenberg
Direktor: Professor F. Härtel.

Ueber die Verwendung von Tageslicht zur Operationsbeleuchtung

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der medizinischen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Werner Ostersehlt

aus Berlin-Lichtenberg

Tag der Promotion: 5. November 1937.

Buchdruckerei Rudolph Pfau, Berlin NW 7, Luisenstraße 21.

M 345

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. F. Härtel
Korreferent: Prof. Dr. F. Sauerbruch

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Der Erfolg jeder chirurgischen Tätigkeit ist in erheblichem Maße von der Vollkommenheit des technischen Milieus, in der sie ausgeübt wird, abhängig.

Diese Vollkommenheit fordert man aber nicht nur von den Apparaten und Instrumenten, die dem Operateur unmittelbar als Werkzeug dienen, sondern auch von allen Einrichtungen, die mittelbar dazu dienen, dem Operateur die günstigsten Bedingungen für seine Arbeit zu schaffen.

So ist es verständlich, daß eine gute, auf die physiologischen Verhältnisse des Sehens richtig abgestimmte Beleuchtung zu dem Erfolg einer Operation ebenso ihren Teil beitragen kann, wie umgekehrt eine falsche Beleuchtung die Bedingungen dafür unnötig erschwert.

Denn wie sehr zuviel oder zuwenig Licht bei einer subtilen Arbeit ermüden und falsches Licht dabei irritieren kann, weiß jeder aus eigener Erfahrung.

Man sollte glauben, daß diese tägliche Erfahrung schon früher zu einer Lösung des Problems der zweckmäßigen Beleuchtung geführt hätte, muß aber doch zugeben, daß erst in allerneuester Zeit, ausgehend von den Glühlampenfabriken, Untersuchungen eingesetzt haben, die wenigstens die *künstliche Beleuchtung* einmal auf ihre Zweckmäßigkeit und darauf geprüft haben, wie weit die künstliche Beleuchtung der Physiologie des Auges gerecht wird.

Vor der Erfindung der elektrischen Beleuchtung gab es offenbar solche Probleme noch nicht, teils weil man sehr viel anspruchsloser in dieser Beziehung war, teils weil eben die technische Vollkommenheit der künstlichen Beleuchtung mit Petroleum, Gas oder Acetylen so zu wünschen übrig ließ, daß hinter der Sorge, die Lampe überhaupt zum Brennen zu bewegen, das Problem der zweckmäßigen Beleuchtung zurücktrat. Erst als man mit Hilfe der elektrischen Beleuchtung die Möglichkeit hatte, beliebig große Lichtstärken zu verwenden, bemerkte man, daß ein Arbeitsplatz durchaus nicht dann gut beleuchtet war, wenn man ihn extrem hell machte, sondern erst, wenn man ihn in den geeigneten Kontrast zu seiner Umgebung

setzte. Die Eigenart der elektrischen Beleuchtung mit ihren nahezu punktförmigen Lichtquellen gestattete dann auch sehr einfach mit Hilfe von Spiegeln und Linsen das Licht ganz nach Wunsch divergieren, konvergieren oder parallel laufen zu lassen und so jedem Bedürfnis anzupassen. (Als praktisches Beispiel für die Verwendung divergierender Lichtstrahlen sei der Autoscheinwerfer genannt, bei dem man das Licht eines kleinen Glühfadens benutzt, um eine bestimmte Fläche auszuleuchten; konvergierende Lichtstrahlen erzeugt im Beleuchtungsapparat des Mikroskops der Kondensor, um die Strahlen einer Lichtquelle auf ein relativ kleines Objekt zu konzentrieren, ähnlich wie es die sogenannte Schusterkugel tat; paralleles Licht erzeugt man schließlich mit Hilfe des „Fresnelschen" Prismenringes in den Leuchttürmen, um durch Vermeidung der Streuung die Lichtquelle möglichst weit sichtbar zu machen).

Aus dieser Eigenart heraus ist die künstliche Beleuchtung auch für den Operationstisch so vervollkommnet worden, daß durch sie beinahe die natürliche Tageslichtbeleuchtung verdrängt wurde.

Es war eben mit ihr möglich, das zu erreichen, was bis jetzt mit der Tageslichtbeleuchtung unmöglich war,[1] — das Operationsgebiet heller als die Umgebung zu beleuchten, sodaß das Auge beim Sehen in tiefliegende und dunkle Operationswunden durch die hellere Umgebung nicht geblendet wurde, eine Bedingung, die außerdem Heller im Jahre 1926[2] veranlaßt hat, dunkle Operationstücher zu empfehlen.

In welcher Form das elektrische Licht zur Operationsbeleuchtung Verwendung findet, möge eine kurze Uebersicht über die gebräuchlichsten Operations-Lampen erläutern:

Die älteste Ausführung ist wohl die Glühlampenkrone, bei der eine Reihe von Glühlampen kreisförmig über dem Operationstisch angeordnet war, mit der Absicht, dadurch die Schlagschatten etwas zu mildern. Dann wurden in Frankreich zwei Lampen konstruiert, die Scialytique- und die Asciatyque-Lampe. Bei dieser Ausführung wurde das Licht einer mittelständigen Lichtquelle durch einen Spiegelkranz in das Operationsfeld geworfen. Eine nach einem anderen Prinzip konstruierte Lampe ist die v. Schubertsche

1. H. Braun, Handbücherei für das gesamte Krankenhauswesen Band III, Seite 27.

2. Zentralblatt für das gesamte Krankenhauswesen, H. 20 und 21.

Beleuchtung, die namentlich bei den Gynaekologen Verwendung findet. Bei ihr wird das Licht einer kräftigen Glühbirne durch einen an irgendeiner Wand des Operationssaales befindlchen Parabolspiegel parallelisiert und dann mit Hilfe von 4—6 Planspiegeln nach abwärts reflektiert. Als letzte ist die *Zeiß-Pantophos-Lampe* zu nennen, bei der ein geschliffener, gläserner Hohlspiegel die Strahlen einer 200-Watt-Birne auf die zu beleuchtende Fläche reflektiert. Die Birne selbst ist von einem, mit Eisenoxydul gefärbten, zylindrischen Glasmantel umgeben, der nach Möglichkeit die infraroten Wärmestrahlen absorbieren und dem Licht eine tageslichtähnliche Farbe verleihen soll.[3]

An und für sich lag es ja viel näher, diesen Effekt der Kontrastierung gegen die Umgebung mit dem natürlichen Licht des Operationssaales, dem Tageslicht zu erreichen, noch dazu, wo man die künstliche Beleuchtung in anderer Beziehung nicht als vollkommen bezeichnen kann.

Man ist erstens immer abhängig von einer Reihe von Faktoren, die außerhalb des Operationssaales liegen, Stromversorgung, durchgebrannte Sicherungen, Spannungsschwankungen, Kurzschluß usw. (Der von H. Braun angegebene Ausweg, die Lampe in zwei verschiedene Stromkreise zu legen, ist bei einer mehr zentral gelegenen Störung doch illusorisch und der Betrieb mit einem Akkumulator ist bei Wechselstromnetzen ein recht kostspieliger und auch nicht sehr zuverlässiger Behelf).

Zweitens muß man meist eine sehr erhebliche Wärmewirkung mit in Kauf nehmen.

Drittens hat man, da die künstliche Beleuchtung meist als Zusatzbeleuchtung zum Tageslicht benutzt wird, ein Zwielicht, bei dem eine genaue Differenzierung geringer Farbennuancen sehr erschwert ist und viertens erfordert der Einbau einer hochwertigen und betriebssicheren Beleuchtung einen nicht geringen technischen und finanziellen Aufwand, der durch Strompreis und Lampenersatz (die verwendete Glühbirne hat nur eine Brenndauer von ca. 200 Stunden) noch erhöht wird.

---

3. Eine sehr ausführliche Beschreibung aller aufgezählten Lampen findet sich in: H. Braun, Hdb. für das gesamte Krankenhauswesen III, S. 20 f.

Man muß sich aber mit allen den eben aufgezählten Nachteilen abfinden, da die Eigenart des Tageslichts, keine punktförmige sondern eine diffuse Lichtquelle darzustellen, es für die bevorzugte Beleuchtung irgendeines Arbeitsplatzes in nicht unmittelbarer Nähe des Fensters ungeeignet macht. (Tageslicht = indirektes Licht der Atmosphäre, nicht etwa Sonnenlicht).

Man kann es weder mit Hilfe von Linsen oder Spiegeln auffangen, konzentrieren, parallelisieren noch eine bestimmte Fläche mit konvergierenden Lichtstrahlen bevorzugt beleuchten, wie es zum einwandfreien Sehen beim Operieren notwendig ist.

Daher sind auch die Versuche, die in der Richtung unternommen worden sind, in dunklen Räumen das Tageslicht zu intensivieren, etwa durch Kalken der dem Fenster gegenüberliegenden Wand oder durch Schrägstellen der Fenster, Einbau eines Oberlichtes oder, wie es neuerdings geschieht, durch Einsetzen prismenartig geriefelter Glasscheiben, für diesen Zweck nicht zu verwerten, da sie ja nur die absolute Helligkeit des Raumes vergrößern, ohne eine kleine Fläche heller als die Umgebung beleuchten zu können.

Mein damaliger Chef, Herr Prof. Dr. F. Härtel gab mir auf meine Bitte, mir ein Thema für eine medizinsch-technische Arbeit zu stellen, den Auftrag, eine brauchbare Tageslichtbeleuchtung zu konstruieren.

So möchte ich in folgendem eine Apparatur beschreiben, die auf relativ einfache Weise das Tageslicht zur Operationsbeleuchtung verwendbar macht, somit eine Beleuchtung darstellt, die nicht die oben erwähnten Nachteile der künstlichen Beleuchtung hat und doch den von Drüner gestellten Anforderungen einer zweckmäßigen Operationsbeleuchtung genügt.

(Drüner stellt für eine gute Operationsbeleuchtung fünf Forderungen auf:

1. Die Anlage muß betriebssicher sein, es müssen unnötige bewegliche und der Abnutzung unterworfene Teile vermieden werden.

2. Die Wärmeentwicklung der Lampe soll möglichst gering sein, um die mit Rücksicht auf den Patienten ohnehin schon hohe Temperatur für den Operateur nicht unerträglich zu machen.

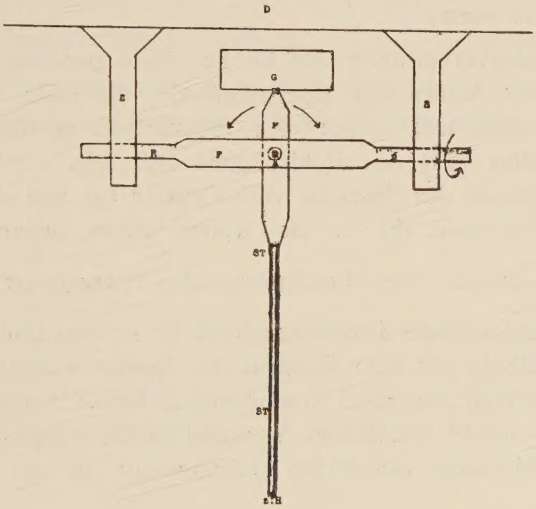
3. Das Licht muß schlagschattenfrei sein, unterhalb der operierenden Hände dürfen keine unbeleuchteten Partien entstehen, die

das Auge zu unnötiger Adaptation zwingen und dadurch ermüdend wirken.

4. Das beleuchtete Feld darf nicht zu klein sein, damit nicht bei jeder Vergrößerung oder Verlegung des Operationsgebietes die Beleuchtung neu eingestellt werden muß.

5. Das Operationsfeld muß der hellste Punkt im Operationssaal sein, um das Auge nicht durch helle Flächen der Umgebung zu irritieren).

Der Apparat besteht aus zwei Teilen. Der eine ist ein aus verchromtem, 0,2 mm dickem Messingblech bestehender Hohlspiegel von 80—100 cm Durchmesser und einem Krümmungsradius von 200 cm. Er hängt an einem dünnen Stahlrohr von der Decke des Operationssaales bis etwa 1 m über den Operationstisch herab. Dicht



Aufhängung des Spiegels an der Decke

D = Decke des Operationssaales
S = Säulen, an der Decke befestigt
R = Rundeisen
F = Flacheisen
} drehbar in den Säulen aufgehängt
G = Gegengewicht zum Hohlspiegel
A = Verbindungsachse für die beiden Flacheisen
ST = Stahlrohr an dem der Hohlspiegel aufgehängt ist
z. H. = zum Hohlspiegel.

unter der Decke befindet sich eine Spezialaufhängung,[4] sodaß der Spiegel mit Hilfe des sterilisierbaren Handgriffes (irgendein Wundhaken o. ä.) leicht überallhin bewegt und in jeder gewünschten Stellung fixiert werden kann.

Der andere Teil ist eine aus weißlackiertem Blech bestehende Fläche, etwa 2 m zu 3 m groß, die sich außerhalb des Operationssaales vor dessen Fenster also unter freiem Himmel befindet. Mit der Hauswand bildet sie einen Winkel von 45° (siehe Fig. und Bild).

(Die hier aufgeführten Maße haben sich in zwei Modellversuchen und für den poliklinischen Operationssaal des Oskar-Ziethen-Krankenhauses, in dem die Anlage ausprobiert wurde, als am zweckmäßigsten erwiesen.)

Die Größenverhältnisse sind bis zu einem gewissen Grade von den gegebenen Maßen der Operationssäle, die dazu Verwendung finden, abhängig und lassen sich rechnerisch bestimmen. Der Krümungsradius (2 f) des Hohlspiegels läßt sich ermitteln, wenn man den Abstand des Spiegels vom Fenster (a) und des Spiegels vom Operationstisch (b) in die weiter unten genannte Formel $\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}\right)$ einsetzt. Der Durchmesser des Spiegels ist für die gewünschte Lichtausbeute ausschlaggebend, da sie eine Funktion seiner Fläche ist, die ja mit dem Quadrat des Radius wächst ($2\,r \cdot 3{,}14$). In der Praxis muß man einen Kompromiß zwischen dem ideal großen Spiegel und seiner handlichen Verwendbarkeit eingehen; uns hat sich ein Hohlspiegel von 90 cm Durchmesser als am günstigsten erwiesen).

Beim Einbau der Apparatur in einen der üblichen Operationssäle ist noch darauf zu achten, daß die meist mattierten Fensterscheiben des Ops. mit farblosem Celluloselack überstrichen werden

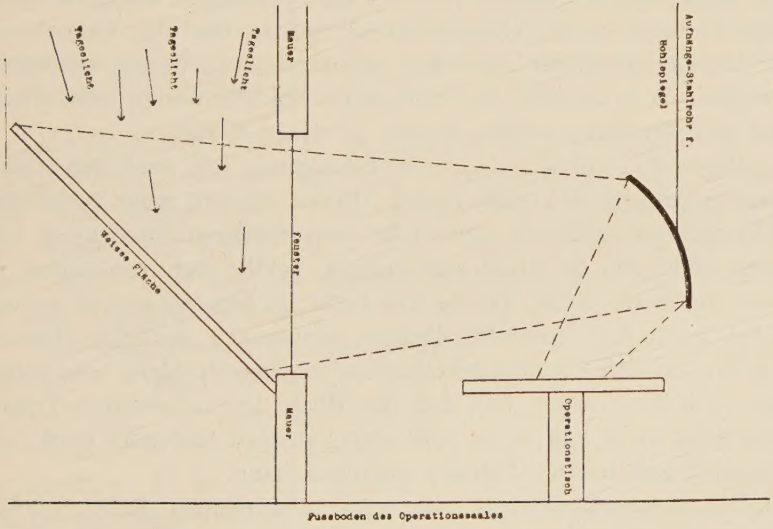
---

4. Es ist eine Cardanosche Aufhängung, bei der zwei rechtwinklig zu einander stehende Gelenke eine Beweglichkeit nach allen Seiten ermöglichen. Das Gewicht des Hohlspiegels ist oberhalb der Aufhängung durch ein Gegengewicht kompensiert, das zusammen mit verstellbaren Federringen, die den Gelenken eine gewisse Reibung verleihen, ermöglicht, den Spiegel in jede gewünschte Stellung zu bringen und ihn dort stehen zu lassen. (siehe auch Fig.)

müssen, um lichtdurchlässiger zu werden.[5] Wichtig ist weiter, daß es eine weiße Fläche und kein Spiegel ist, da ein Spiegel nur die Helligkeit desjenigen Gegenstandes haben würde, der sich in seiner optischen Achse befindet, also nur das Licht einer Himmelsfläche oder einer Wolke von etwa 6 qm, wogegen eine weiße Fläche auch von allen Strahlen erhellt wird, die schräg auf sie auftreffen.

Die Wirkungsweise dieser Anordnung ist nun folgende:

Dem bekannten physikalischen Gesetz nach entwirft ein Hohlspiegel von einem, zwischen dem Krümmungsmittelpunkt und Unendlich gelegenen Gegenstand ein zwischen dem Krümmungsmittelpunkt und dem Brennpunkt liegendes, umgekehrtes, verkleinertes Bild. Der Grad der Verkleinerung hängt erstens von der Entfernung des abzubildenden Gegenstandes vom Hohlspiegel und zweitens von der Brennweite des Spiegels ab. $\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}\right)$, wobei a = der Abstand des Gegenstandes, b = Entfernung des erzeugten Bildes vom Hohlspiegel und f = die Brennweite des Spiegels ist).



5. Die durch Sandstrahlgebläse oder Säureätzung aufgerauhte, also mattierte Oberfläche des Glases verschluckt etwa 30—40% Licht. Ueberstreicht man das Glas aber mit einem farblosen Lack, so füllt dieser die mikroskopisch kleinen Vertiefungen in der Glasoberfläche wieder aus, bildet infolge seiner Kohäsion eine homogene Oberfläche, und die Lichteinbuße läßt sich auf diese Weise bis zu etwa 5—6% reduzieren.

Man kann es nun so einrichten, daß der Hohlspiegel von der außen befindlichen, durch das Tageslicht weiß beleuchteten Fläche, die ja durch das Fenster des Operationssaales von innen sichtbar ist, in Höhe des Operationstisches von dieser weißen Fläche ein Bild von etwa 40 cm Größe entwirft oder was dasselbe ist, dieses Feld intensiv weiß beleuchtet, da die Helligkeit der weißen Fläche auf dieses kleine Feld koncentriert wird. (s. Fig).

Auf technische Kleinigkeiten, die sich in der Praxis ergeben haben, soll nicht näher eingegangen werden, nur inwiefern diese Beleuchtung der Physiologie des Auges gerecht wird und den Anforderungen einer zweckmäßigen Operationsbeleuchtung genügt. möge einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

Der erste Einwand, den man machen möchte, daß das Tageslicht in seiner Intensität sehr stark wechsele, somit an trüben Tagen unbrauchbar sei, ist nur relativ berechtigt; denn beim Sehen kommt es ja nicht auf absolute Helligkeitswerte an (man vergleiche einmal die Helligkeit eines sonnigen Seebadestrandes mit der eines Röntgenschirmes) sondern nur auf das Verhältnis des vom beobachteten Gegenstand reflektierten Lichtes zu dem der Umgebung.[6]

Dieses Verhältnis bleibt nun bei der beschriebenen Anordnung konstant, da ja sowohl der Hohlspiegel wie der übrige Operationssaal von derselben weißen Fläche ihr Licht beziehen.

Die von Heller aufgestellte Bedingung, (die auch den Photographen geläufig ist), nicht zuviel diffuses sondern mehr gerichtetes Licht beim Arbeiten zu verwenden, um die Kontrastwirkung zwischen Licht und Schatten auszunutzen, erfüllt sich von selbst, da allein durch die weiße Fläche das Licht im Operationssaal so verstärkt wird, daß man alle übrigen, womöglich seitlichen Fenster und das vielfach vorhandene Oberlicht verdunkeln kann, was außerdem noch den Vorzug hat, daß der Blick des aufsehenden Operateurs nicht mehr von hellen seitlichen Fenstern geblendet wird, sondern sich auf dunklen Flächen ausruhen kann.

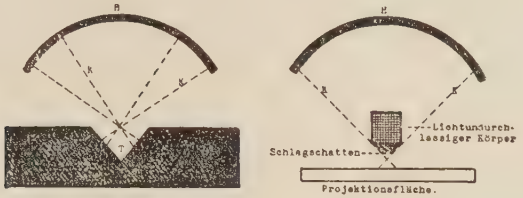
Die Unannehmlichkeit, die viele elektrischen Beleuchtungen haben (einige hochwertige Lampen ausgenommen), daß sich die roten und infraroten Wärmestrahlen nicht genügend absorbieren lassen und sowohl die Wundflächen einer vermehrten Austrocknung

---

6. Die Arbeitsfläche muß die größte Leuchtdichte im Gesichtsfeld haben, (Schneider).

aussetzen, als auch dem Operateur unerwünscht sind, fällt weg, da Tageslicht ja indirektes, also kaltes Licht ist.

Durch die Konvergenz der vom Hohlspiegel kommenden Lichtstrahlen ist die Gewähr gegeben, daß die meist trichterförmigen Wunden bis auf den Grund beleuchtet werden. (S. Fig). Ebenso werfen Gegenstände, die sich etwas über der Operationsfläche befinden, wie etwa die Hände des Operateurs, keine Schatten, da sich die Lichtstrahlen unterhalb der Hände wieder kreuzen können.



Die Konvergenz

der vom Hohlspiege (H) kommenden Lichtstrahlen (K) bewirkt, daß die trichterförmige Wunde (T, Fig. links) gleichmäßig ausgeleuchtet wird und (Fig. rechts) der Schlagschatten des lichtundurchlässigen Körpers (Hand usw.) die Projektionsfläche = Arbeitsfläche nicht mehr erreicht, da sich die Lichtstrahlen unter ihm kreuzen können.

Die Bedingung, die man an eine gute Lichtquelle stellt, daß sie leicht beweglich ist und jeder Lageveränderung des Objekts schnell und sicher folgen kann, ist durch das leichte Gewicht und durch die Möglichkeit erfüllt, den Spiegel während der Operation mit aseptischer Hand an jede gewünschte Stelle zu bewegen, an der er sich automatisch fixiert.

Der Apparat zeichnet sich im übrigen durch größtmögliche Einfachheit aus, sodaß weder mit dem Verschleiß beweglicher Teile, noch mit dem Versagen des Apparates zu rechnen ist; daß er leicht zu reinigen ist und sonst keinerlei Wartung bedarf, sei nur nebenbei erwähnt. Er ist außerdem billig herzustellen, verbraucht keinen Strom und kann nachträglich in jeden Operationssaal ohne große bauliche Veränderungen eingearbeitet werden, enthebt somit die Architekten beim Bau von Krankenhäusern häufig der Sorge um das richtige Licht in den Operationssälen (Es muß meist sehr viel wertvoller Raum deswegen geopfert werden).[7]

7. H. Braun, Handbücherei für das gesamte Krankenhauswesen.

Außerdem ist der Apparat in der Kriegschirurgie leicht zu transportieren bezws. zu improvisieren, wo man als weiße Fläche in einem zusammenlegbaren Rahmen verspannten weißen Stoff benutzen wird, und der Hohlspiegel zweckmäßigerweise aus mehreren Sektoren, die sich fächerförmig zusammenlegen lassen, konstruiert sein wird.

Schließlich ist ein Vorzug, den er allen künstlichen Beleuchtungen, auch den hochwertigsten gegenüber hat, daß er reines weißes Tageslicht abgibt, das Licht, in dem unser Auge 90% seiner Funktion auszuüben gewöhnt ist, in dem es also ausschließlich Farbenunterschiede genau zu differenzieren und zu beurteilen vermag.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß diese oben beschriebene Apparatur selbstverständlich die künstliche Beleuchtung im Operationssaal nicht entbehrlich macht, aber als Ergänzung dieser Beleuchtung in den Tagesstunden ist es vielleicht ein Mittel, das geeignet ist, die Augen und Nerven der Operateure zu schonen und so indirekt Teil zu haben an den Erfolgen der Operationstechnik.

Meinem damaligen Chef, Herrn Prof. Dr. F. Härtel, möchte ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Unterstützung, die mir in praktischer Hinsicht während der Versuche zuteil wurde, meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Lebenslauf.

Als Sohn des Bankprokuristen Wilhelm Ostersehlt und seiner Ehefrau Martha geb. Ninnemann wurde ich, Werner Ostersehlt, am 26. 7. 1910 zu Berlin-Lichtenberg geboren. Nach meiner Schulzeit im Jahn-Realgymnasium Berlin-Lichtenberg, die ich 1930 mit der Reifeprüfung beschloß, wurde ich an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin immatrikuliert. Dort legte ich 1933 meine „Aerztliche Vorprüfung" und 1936 meine „Staatsprüfung" mit dem Prädikat „Sehr gut" ab. Die Freizeit während des Studiums und vor dem Staatsexamen war mit Famulaturen in allen Spezialkliniken der Charité, Berlin ausgefüllt. Zur Zeit bin ich Medizinal-Praktikant in der Kinder-Abteilung des Oskar-Ziethen-Krankenhauses Berlin-Lichtenberg.